

**PERANCANGAN DAN ANALISIS *CARBODY* LOKOMOTIF
DENGAN METODE ELEMEN HINGGA**

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Jenjang Strata Satu (S1)
Pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Ponorogo



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PONOROGO
2020**

HALAMAN PENGESAHAN

Nama : Arief Herman Soesilo
NIM : 18511226
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Judul Skripsi : PERANCANGAN DAN ANALISIS *CARBODY*
LOKOMOTIF DENGAN METODE ELEMEN HINGGA

Isi dan formatnya telah disetujui dan dinyatakan memenuhi syarat
Untuk melengkapi persyaratan guna memperoleh Gelar Sarjana
Pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Ponorogo

Ponorogo, 6 Agustus 2020

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I



Ir. Fadelan, M.T.

NIK. 19610509 199009 12

Dosen Pembimbing II

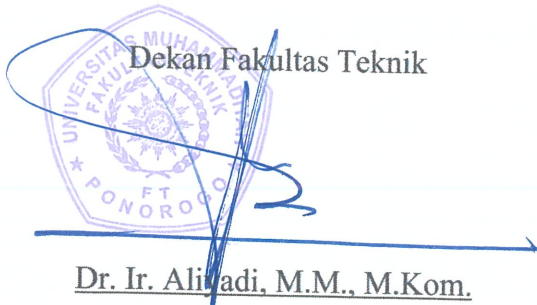


Wawan Trisnadi Putra, S.T., M.T.

NIK. 19800220 201309 12

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik



Dr. Ir. Aliyadi, M.M., M.Kom.

NIK. 19640103 199009 12

Ketua Program Studi Teknik Mesin



Wawan Trisnadi Putra, S.T., M.T.

NIK. 19800220 201309 12

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Arief Herman Soesilo

NIM : 18511226

Program Studi : Teknik Mesin

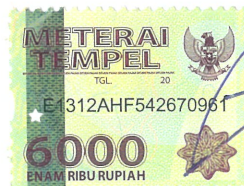
Dengan ini menyatakan bahwa Skripsi saya dengan judul: “Perancangan Dan Analisis Carbody Lokomotif Dengan Metode Elemen Hingga” bahwa berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang saya rancang / teliti di dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam Naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur plagiatisme, saya bersedia Ijazah saya dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sesungguhnya dan dengan sebenarnya.

Ponorgo, 6 Agustus 2020

Mahasiswa,



Arief Herman Soesilo

NIM. 18511226

HALAMAN BERITA ACARA UJIAN

Nama : Arief Herman Soesilo
NIM : 18511226
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Judul Skripsi : PERANCANGAN DAN ANALISIS *CARBODY*
LOKOMOTIF DENGAN METODE ELEMEN HINGGA

Telah diuji dan dipertahankan dihadapan
Dosen penguji tugas akhir jenjang Strata Satu (S1) pada :

Hari : Selasa
Tanggal : 18 Agustus 2020
Nilai : 95 (A)

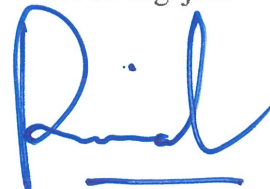
Dosen Penguji,

Dosen Penguji I



Ir. Muh. Malyadi, M.M.
NIK. 19601117 199009 12

Dosen Penguji II



Rizal Arifin, S.Si., M.Si., P.Hd.
NIK. 19870920 201204 13

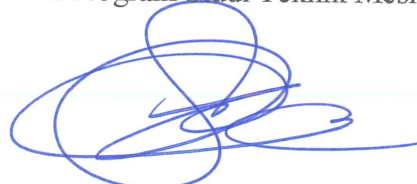
Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik



Dr. Ir. Aliyadi, M.M., M.Kom.
NIK. 19640103 199009 12











Ketua Program Studi Teknik Mesin



Wawan Trisnadi Putra, S.T., M.T.
NIK. 19800220 201309 12

**BERITA ACARA
BIMBINGAN SKRIPSI**

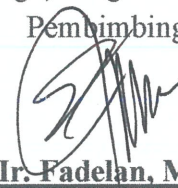
1. Nama : Arief Herman Soesilo
2. NIM : 18511226
3. Program Studi : Teknik Mesin
4. Fakultas : Teknik
5. Judul Skripsi : Perancangan Dan Analisis Carbody Lokomotif Dengan Metode Elemen Hingga
6. Dosen Pembimbing : Ir. Fadelan, M.T.
7. Konsultasi : Wawan Trisnadi Putra, S.T., M.T.
- 8.

No	Tanggal	Uraian	Tanda Tangan
1	13-03-2020	- Pengajuan Judul - Acc Judul	
2	24-04-2020	Konsultasi Bab I-III	
3	12-06-2020	- Revisi Bab I, Latar belakang ditambah penelitian yang menggunakan metode elemen hingga	
4	19-06-2020	- Revisi Bab II, tambah keterangan gambar	 
5	23-06-2020	- Revisi Bab I-III - ACC seminar Proposal	
6	27-07-2020	- Konsultasi Bab IV-V	 
7	04-08-2020	- Revisi Bab V, Kesimpulan ditambah teg. yang terjadi	
8	06-08-2020	- Acc sidang skripsi	

9. Tgl. Pengajuan :
10. Tgl. Pengesahan :

Ponorogo, 6 Agustus 2020

Pembimbing,



Ir. Fadelan, M.T.

NIK. 19610509 199009 12

HALAMAN MOTTO DAN PERSEMBAHAN

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Bismillahirrohmanirrohim

Puji dan syukurku pada-Mu Allah SWT, Tuhan semesta alam yang menciptakanku dengan ilmu dan kemampuan yang sempurna. Sholawat dan salam selalu kulimpahkan pada Rosulullah Nabi Muhammad SAW beserta para sahabatnya.

Terima kasih kepada Ayahku tercinta yang telah tenang di surga.

Terima kasih kepada Ibu yang saya sayangi dan cintai yang selalu mendoakan dan memberi dorongan moril maupun materiil serta semangat yang tinggi sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini.

Terima kasih kepada Istriku tercinta Wildanul Isnaini atas kesabaran, semangat, dukungan, dan usahanya yang selalu menjadi supporter terhebat bagi saya sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini.

Terima kasih kepada Adikku satu-satunya Septiani Sri Utami yang telah mendoakan dan memberi dukungan

Terima kasih kepada rekan-rekan Program Studi Teknik Mesin.

Terima kasih kepada Adli dan Alda teman seperjuangan dan teman kerja yang selalu memberikan semangat dan motivasi.

Semoga Allah SWT membalas jasa dan budi kalian semua dikemudian hari dan memberikan kemudahan dalam segala hal, amin.

MOTTO “Tak ada suatu rencana tidak dapat terwujud kala kita punya keyakinan dan mengubah cara pandang kita, semua itu dapat terwujud karena tekad semangat dan keyakinan”

PERANCANGAN DAN ANALISIS *CARBODY* LOKOMOTIF DENGAN METODE ELEMEN HINGGA

Arief Herman Soesilo, Fadelan, Wawan Trisnadi Putra

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Ponorogo
e-mail : arief.hermans@gmail.com

Abstrak

Lokomotif merupakan salah satu bagian kritis dalam rangkaian kereta api, karena menanggung beban yang besar dan memiliki waktu operasi yang cukup panjang. Sehingga dalam suatu perancangan lokomotif diperlukan analisis lebih mendalam jika dibandingkan dengan alat transportasi darat lainnya. Tujuan dari penelitian ini adalah membuat suatu rancangan *carbbody* lokomotif yang sesuai dengan standar-standar perancangan yang berlaku dan menganalisis tegangan yang terjadi pada *carbbody* lokomotif hasil rancangan. Dalam perancangan ini untuk menganalisis kekuatan konstruksi *carbbody* lokomotif, analisis yang dilakukan menggunakan metode elemen hingga (MEH) dengan bantuan perangkat lunak *Ansys*. Simulasi beban yang bekerja pada struktur dibuat mendekati pembebanan yang sebenarnya. Struktur *carbbody* lokomotif harus mampu menahan besarnya beban-beban yang bekerja pada konstruksi *carbbody*. Dari hasil rancangan *carbbody* lokomotif yang telah dibuat, *carbbody* lokomotif ini berukuran panjang 19000 mm, lebar 2790 mm, dan tinggi 3700 mm. Material yang digunakan dalam perancangan *carbbody* lokomotif adalah baja SS 400 dan SM 490A dengan tegangan *Yield* sebesar 245 MPa dan 325 MPa. Hasil analisis mendapatkan nilai tegangan *Von Mises* maksimum sebesar 180,072 MPa yang terjadi pada bagian ujung rangka dasar (*end center sill*), di mana nilai tegangan ini masih berada di bawah tegangan *Yield* materialnya yang berupa SM 490A sebesar 325 MPa. Dari hasil analisis tersebut menunjukkan bahwa secara umum struktur *carbbody* lokomotif dinyatakan aman dan mampu menyangga beban operasioanalnya.

Kata kunci : Analisis tegangan, Metode elemen hingga, *Carbody* lokomotif

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang senantiasa melimpahkan segala rahmat dan hidayah-Nya, serta shalawat dan salam berlimpah kepada Nabi Muhammad SAW, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul "PERANCANGAN DAN ANALISIS *CARBODY* LOKOMOTIF DENGAN METODE ELEMEN HINGGA". Skripsi ini disusun untuk memenuhi syarat mendapatkan gelar Sarjana Jenjang Strata Satu (S1) dan menyelesaikan Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Ponorogo.

Dalam penyusunan laporan ini penulis banyak mengalami masalah dan kesulitan, tetapi berkat bimbingan serta bantuan dari berbagai pihak maka penulis dapat menyelesaikan laporan ini. Oleh karena itu, pada kesempatan yang bahagia ini, penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar – besarnya kepada :

1. Dr. Ir. Aliyadi, M.M., M. Kom. selaku Dekan Fakultas Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Ponorogo.
2. Wawan Trisnadi Putra, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Ponorogo.
3. Ir. Fadelan, M.T., dan Wawan Trisnadi Putra, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir.
4. Semua Dosen Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Ponorogo yang telah memberikan ilmunya.
5. Semua Mahasiswa Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Ponorogo yang selalu memberi semangat dan motivasi.
6. Teman-teman kerja beserta pihak PT. INKA (Persero) khususnya Divisi Teknologi yang telah memberi waktu dan tempat dalam penyelesaian skripsi ini.
7. Semua pihak baik secara langsung maupun tidak langsung yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dan keterbatasan ilmu dalam penyusunan laporan ini, maka segala kritikan yang sifatnya membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan laporan ini.

Akhir kata penulis hanya bisa berharap semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi penulis sendiri khususnya dan para pembaca baik dari kalangan akademis maupun lainnya.

Ponorogo, 6 Agustus 2020

Penulis



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI	iii
HALAMAN BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI	iv
HALAMAN BERITA ACARA BIMBINGAN SKRIPSI.....	v
HALAMAN MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	vi
ABSTRAK	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	4
1.4. Batasan Masalah.....	4
1.5. Manfaat Penelitian.....	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Teori Dasar Perancangan.....	6
2.1.1. Fase Dalam Perancangan Produk	7
2.2. Definisi <i>Carbody</i> Lokomotif	7
2.3. Komponen <i>Carbody</i> Lokomotif	9
2.3.1. Rangka Dasar (<i>Underframe</i>).....	10
2.3.2. Lantai (<i>Floor</i>)	11
2.3.3. Dinding Samping (<i>Side Wall</i>).....	11
2.3.4. Rangka Atap (<i>Roof</i>)	11
2.3.5. Kabin Masinis (<i>Driver's Cabin</i>).....	11
2.4. Performansi Lokomotif	12
2.4.1. Gaya Tarik Lokomotif	12
2.4.2. Perlawanan Kereta Api.....	13

2.4.3.	Gaya Tarik Adhesi.....	15
2.4.4.	Diagram Beban Tarik	16
2.5.	Analisis Beban.....	16
2.6.	Konsep Tegangan dan Regangan	18
2.6.1.	Tegangan.....	18
2.6.2.	Regangan	22
2.7.	Teori Kegagalan Struktur	22
2.7.1.	Teori Tegangan Normal Maksimum	22
2.7.2.	Teori Tegangan Geser Maksimum	23
2.7.3.	Teori Energi Distorsi (Tegangan <i>Von Mises</i>).....	23
2.8.	Faktor Keamanan.....	24
2.9.	Metode Elemen Hingga.....	26
BAB 3	METODE PERANCANGAN.....	30
3.1.	Prosedur Penelitian	30
3.2.	Diagram Alir Perancangan dan Analisis <i>Carbody</i> Lokomotif	31
3.3.	Penentuan Geometri <i>Carbody</i> Lokomotif	33
3.4.	Perhitungan Beban.....	36
3.5.	Pemodelan dan Simulasi Kekuatan Struktur <i>Carbody</i> Lokomotif	36
BAB 4	ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN	37
4.1.	Hasil Perancangan	37
4.2.	Pemilihan Material	38
4.3.	Analisis Pembebanan pada Struktur <i>Carbody</i> Lokomotif.....	39
4.3.1.	Pembebanan Statis (<i>Off The Road</i>).....	40
4.3.2.	Pembebanan Dinamis (<i>On The Road</i>)	42
4.4.	Analisis Kekuatan Struktur <i>Carbody</i> Lokomotif dengan <i>Software Finite Element Analysis</i>	44
4.4.1.	Simulasi Menggunakan <i>Ansys</i>	45
4.4.2.	Hasil Simulasi <i>Ansys</i>	53
4.5.	Pembahasan	59
4.5.1.	Analisis Metode Elemen Hingga	59
4.5.2.	Analisis Distribusi Tegangan dan Defleksi	60

BAB 5 PENUTUP.....	62
4.1. Kesimpulan	62
4.2. Saran	63
DAFTAR PUSTAKA	64
LAMPIRAN.....	66



DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Spesifikasi Teknis Lokomotif	37
Tabel 4.2 Data Berat Perhitungan Beban Vertikal.....	40
Tabel 4.3 Kasus Pembebanan Statis.....	42
Tabel 4.4 Tegangan dan Defleksi Maksimum Hasil Simulasi.....	58



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Komponen Struktur <i>Carbody</i> Lokomotif.....	9
Gambar 2.2	Beban terpusat pada batang sederhana.....	17
Gambar 2.3	Beban merata pada batang sederhana.....	17
Gambar 2.4	Urutan langkah analisis tegangan sebuah benda	19
Gambar 2.5	Kondisi pembebanan yang mengakibatkan tegangan geser.....	20
Gambar 2.6	Komponen Tegangan	21
Gambar 2.7	Diskritisasi pada struktur.....	27
Gambar 2.8	Tipe elemen	27
Gambar 2.9	Segitiga Pascal untuk Polinomial.....	27
Gambar 3.1	Diagram Alir Perancangan dan Analisis <i>Carbody</i> Lokomotif.....	31
Gambar 3.2	Diagram Alir Pemodelan dan Analisis Simulasi Pembebanan	32
Gambar 3.3	Ruang Bebas Lebar Rel pada Bagian Lurus 1067.....	34
Gambar 3.4	Sketsa <i>Underframe</i> Lokomotif.....	35
Gambar 3.5	Sketsa <i>Carbody</i> Lokomotif	36
Gambar 4.1	Desain Struktur <i>Carbody</i> Lokomotif	37
Gambar 4.2	Geometri Pemodelan Struktur <i>Carbody</i> Lokomotif.....	46
Gambar 4.3	Hasil Pemodelan Setelah Di- <i>Mesh</i>	49
Gambar 4.4	Kondisi Pembebanan Vertikal.....	50
Gambar 4.5	Kondisi Pembebanan Kombinasi Vertikal dengan Beban Kompresi 150 Ton.....	51
Gambar 4.6	Kondisi Batas Struktur <i>Carbody</i> Lokomotif.....	52
Gambar 4.7	Tegangan <i>Von Mises</i> pada Kondisi Pembebanan <i>Tare Load</i>	53
Gambar 4.8	Defleksi Vertikal pada Kondisi Pembebanan <i>Tare Load</i>	54
Gambar 4.9	Tegangan <i>Von Mises</i> pada Kondisi Pembebanan <i>Full Load</i>	54
Gambar 4.10	Defleksi Vertikal pada Kondisi Pembebanan <i>Full Load</i>	55
Gambar 4.11	Tegangan <i>Von Mises</i> pada Kondisi Pembebanan Kombinasi <i>Tare Load</i> dengan Beban Tekan	55
Gambar 4.12	Defleksi Vertikal pada Kondisi Pembebanan Kombinasi <i>Tare Load</i> dengan Beban Tekan	56

Gambar 4.13 Tegangan *Von Mises* pada Kondisi Pembebanan Kombinasi *Full*
Load dengan Beban Tekan56

Gambar 4.14 Defleksi Vertikal pada Kondisi Pembebanan Kombinasi *Full*
Load dengan Beban Tekan57

Gambar 4.15 Tegangan *Von Mises* pada Kondisi Pembebanan *Twist*.....57

Gambar 4.16 Defleksi Vertikal pada Kondisi Pembebanan *Twist*.....58

